

〔美〕杰弗里 R·麦金太尔 著
王永刚 译

安全思想综述

PATTERNS IN
SAFETY THINKING



中国民航出版社

民航安全系列图书

安全思想综述

Patterns in Safety Thinking

(美) 杰弗里 R. 麦金太尔 著
王永刚 译

中国民航出版社

图书在版编目 (CIP)数据

安全思想综述 / (美) 麦金太尔 (Mcintyre, G. R.) 著;
王永刚译. —北京: 中国民航出版社, 2007. 7
ISBN 978-7-80110-795-4

- I. 安…
- II. ①麦… ②王…
- III. 民用航空 - 飞行安全 - 研究
- IV. V328

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 095358 号

责任编辑: 马瑞

Copyright © Ashgate Publishing Limited 2000.

中国民航出版社通过中华版权代理公司购得本书中文简体字版权, 享有全世界发行的专有权。未经许可, 不得翻印。

北京市版权局著作权合同登记号: 图字 01-2007-0771

安全思想综述

(美) 杰费里 R. 麦金太尔 著 王永刚 译

出版	中国民航出版社 (010) 64290477
社址	北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)
排版	中国民航出版社照排室
印刷	北京华正印刷有限公司
发行	中国民航出版社 新华书店
开本	787 × 960 1/16
印张	9
字数	133 千字
印数	2000 册
版本	2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

书号	ISBN 978-7-80110-795-4/V · 289
定价	48.00 元

(如有印装错误, 本社负责调换)

民航安全系列图书 编审委员会

主任：李 健

副主任：于振发

委员：刘亚军 刘恩祥 王照明

王战斌 周来振 蒋怀宇

张红鹰 张光辉 苏兰根

序

由总局航空安全办公室倡导、中国民航出版社引进的安全系列图书陆续与大家见面了。这套书的原版出自英美等航空发达国家，内容涉及航空安全的各个层面，对我国民航业安全文化的研究和培育将起到积极作用，同时，对航空运输企业及地面服务与保障部门的安全管理也具有很好的借鉴意义。

安全是民航工作永恒的主题，是民航工作的头等大事。安全事故不仅使旅客的生命、财产受到损失，更影响到旅客对航空安全的信任度，影响到民航事业的长远发展。目前，我国航空运输已进入到了一个新的发展阶段，新形势、新情况对我国的航空运输安全保障能力，包括设备运行状况、保障手段和运行效率等方面都提出了越来越高的要求，而快速增长的运量则给航空安全带来更为严峻的挑战。因此，认真学习航空安全知识和管理方法，提高全员素质，不断夯实航空安全基础，从整体上提高安全管理水平已经成为摆在我们面前越来越现实的问题。

增强安全保障能力是一项复杂的系统工程，需要我们做大量的工作。它不仅需要基础设施的保障，更需要专业技术人员和安全管理人员素质和技术的支撑。在这种形势下，加大安全基础理论的研究工作，发展民航安全科学尤为重要。

本套书引进与借鉴航空大国先进的科技成果，学习其优秀的经验，弥

补了我国安全理论研究与实践经验的不足，相信它将大大推动我国民航科研、管理与教学的发展，为我国与国际航空界的接轨，实现从民航大国向民航强国的跨越式发展提供理论基础的保障，对我国民航业的发展具有重要的理论价值与现实意义。

中国民用航空总局副局长

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '李' (Li), '东' (Dong), and '旭' (Xu).

译者前言

安全是民航业内出现频率最高的词,人们无时无刻不在“提”安全,但很多人并不清晰地知道安全是什么?是结果还是过程或是状态?对安全不同认知和理解决定了安全管理的政策和方法的不同。随着对安全认识的不断深入,民航安全管理经历了针对机械电器故障的飞行器及设备设施改进阶段、针对人为因素的规章训练及奖惩阶段以及针对组织事故的系统安全管理阶段。

本书对美国在安全的认知历程中的主要著作和文献进行了归纳总结和分类,重点对民法学派、可靠性工程学派和系统安全工程学派作了分析和介绍,旨在为从事安全管理的人们提供一本简洁实用的描述美国“安全管理”的历史、理论和实践的参考书。本书不仅是一本人类认知安全的综合性著作,而且是一本为有兴趣致力于进一步安全研究的人们提供检索文献的指南。

本书对航空安全的工作者和管理者,尤其是高级管理者理解安全管理内涵、理清安全管理思路,改进安全管理方法有重要的价值。也可作为航空、民航各技术专业及安全工程及管理专业和方向的研究生及本科生的教材及参考书。其他行业从事安全管理、质量管理的人员也会从本书中受益。

本书由王永刚、陈芳和刘玲莉翻译。其中,陈芳翻译了第一章第1、2节,刘玲莉翻译了第五章第1节,王永刚翻译了其余部分,并对全书进行统稿。张秀艳、王亚、张燕玲等审阅了译稿,并提出了很多修改意见。最后,民航安全技术中心射孜楠先生对全书进行了审校,在此表示感谢。

由于本书内容涉及美国历史、法律、经济及数理统计等文理学科,又涉及铁路、航空等专业知识,正如作者前言中所谓“安全的综合性本质”,加之译者知识及水平有限,译文中不妥、错漏之处在所难免,恳请广大读者和专家们批评指正。译者的邮箱为 caucwyg@163.com。期待向您学习。

王永刚

安全科学与工程学院

2007年5月于中国民航大学

前 言

美国机械工程师协会 1992 年进行的一次调查结果令人吃惊：几乎百分之八十的工程师在大学期间没有学习过安全课程，也从未参加过安全会议或安全讲座。这自然而然地让人们产生了这样的问题：那些负责安全地建立和操作复杂高风险的社会技术系统的工程师应具备什么样的理论知识？他们所需的安全背景到底是什么？传统意义上，人们已经将“安全”看作整体设计过程的一部分，而不是作为一个特定的研究学科的关注内容。本世纪末以及下一个世纪，这些问题会成为美国文明中有关“安全”的思想和交流的核心内容。

鉴于参加航空安全管理培训的学员迫切需要一本简洁实用的关于美国运输安全理论与实践的安全教材，我们编著了《安全思想综述：航空运输安全的文献指南》（*Patterns In Safety Thinking: A Literature Guide To Air Transportation Safety*）一书。本书将就有关航空运输安全方面的主要著作进行详细的研究和归类，甄选有关运输安全方面的杂志，并为理论界关心的问题提供真实而恰当的例证。本书的主要目的是向航空运输安全的从业者概述美国“安全管理”的历史、理论和实践。由于常规培训项目的学时紧张，一些航空安全学员迫切需要能提供安全管理的发展方向和理念综述的简明参考资料，本书正是满足了这些要求。本书还可作为对工程类大学生的学习参考书，对鼓励各学科相交叉思考“安全”提供指导。本书还会对实现公众政策的目标、更好地与公众沟通航空安全风险有益。本书通过引领读者进行历史回顾说明了几种科学理论与各种安全措施是如何结合起来形成了安全的综合性本质。

本书将运输安全文献分为几种截然不同的理论和逐步强化的安全管理思想学派：“民事法律学派”、“可靠性工程学派”和“系统安全工程学派”。除了介绍这种文献分类外，本书还介绍来自航空业的新的、实际的情况和真实案例的分析。本书旨在教育安全工程师、学生和从业者，而不是提

供培训。一般来说，学生和从业者都会面对来自许多不同学科的令人困惑的高技术、专业化和深奥的文献，这些文献包括认知和数学、概率、风险管理、工程学、组织管理、法规，以及政治经济和哲学等。这个综合性的特点阻碍了作为公司管理和政府规章制度这个系统所必要的组成部分——安全的实施。

《安全思想综述》（*Patterns in Safety Thinking*）一书被认为是对航空安全从业者进行安全管理培训课程的补充学习参考书。通常，航空安全培训课程安排得非常紧张、时间有限、内容量大，而且主要集中在标准的可靠性工程工具和现代概率技术的应用上。许多系统安全理论专家和从业者认为高度集成软件系统所带来的挑战将要求增加航空安全培训的内容，包括培养在思考安全问题时能够提出正确的问题的能力。1978年出现了一批用新的方式来思考安全的社会学家、组织理论家和心理学家，他们对系统安全学科有了进一步的理解。他们对21世纪正在开展的一些运输安全教育、风险管理和沟通所面临的挑战进行了调查。

“安全是每个人的事”这一世纪古语是Lorenzo Coffin在1874年提出的。Coffin是几乎被遗忘的铁路安全的倡导者和1893年的《铁路安全生产法》（*Railroad Safety Appliance Act*）的先驱。他后来成为20世纪最著名的安全倡导者——Ralph Nader的榜样。与之相关的，本书还会涉及一些重要的技术进展以及该“应用学科”在当前的航空实践。书中还研究了已经影响了并且还将继续影响安全的“普通”人的个体行为。在我们的生活中，事故的悲惨后果和不安全状况表明安全的确确是每个人的事。因此，从21世纪开始，“安全”不再被看作只是设计工程师和基于经济效益合理化模型的风险管理者的事，它已经深入到范围宽广的各种领域，并且汇聚成了对安全的独特的认知模式。本书还有助于实现美国公众政策的目标，即进一步使消费者了解有关航空运输系统的安全知识。针对20世纪90年代与公众沟通航空安全风险问题，书中给出了分析和讨论的框架。空域系统每天要处理超过174000架次的起落，航空公司每天都要安全地运送将近170万乘客到达他们的目的地。白宫航空安全和保安委员会已经给予降低航空事故率最高的优先权。

像罗马大帝、耶稣一样，“安全”可以有两种不同的描述：向后看，向前看。在运输行业，当发生一起事故后，国家运输安全委员会（NTSB）就

会组织调查，以确定事故原因以及为防止事故再次发生所必须采取的行动。在航空领域中，该方法就是众所周知的“飞行—修理—飞行”。但糟糕的是，人们企图通过事故调查追溯过去来消除将来的危险源。相反，“系统安全”方法被描述为着眼于预防事故的“向前看”方法。它包括事前的过程，该过程常被描述为识别—分析—控制的安全管理方法，这就能使我们可以回答这样的问题：我们如何知道一个系统是否安全？本书的中心思想是：安全不只是不出现事故。安全是降低人类活动中的风险等级的目标。这种安全思想对人们脑海中已根深蒂固的、单纯根据对过去事故的研究来告诫以后风险的思维模式提出了挑战。

致 谢

很荣幸在完成这本书的过程中得到了很多帮助、建议和鼓励。我要特别感谢我在联邦航空局（FAA）的同事 Steven D. Smith 给予的帮助、鼓励，对本书初稿所进行的有价值的评审以及在原稿格式方面提供的技术支持。我还要特别感谢 Dave Balderston 为本书初稿所提供的建议；特别感谢系统安全协会的前副主席 Michael Allocco，他不断鼓励我将安全文献资料按照教学框架进行分类，从而拓展了我的思维。感谢 Jack Wojciech，一名可靠性工程师，正是他将我引向了这门学科。同样感谢 Daniel C. Hedges 与 Jerold Feinstein 给我的鼓励。还要特别感谢来自航空风险分析专家 David Gleave 的鼓励。

我还要感谢下列人员，他们为本书的出版提供了有价值的提议和建设性的批评和建议：南加利福尼亚大学的继续教育主管 Najmedin Meshkati 博士、Rutgers 大学工业工程系的 James Luxhoj 博士、East Anglia 大学的 Nick Pidgeon 博士（Pidgeon 教授之前就任于 Wales 大学心理学系）、加拿大 NAV CANADA 安全政策经理 Terry Kelly 先生、Embry-Riddle 航空大学的退休航空学教授 George Chang 博士。

感谢美国运输部的图书馆管理员 Amy Tursky 与 Frank Reilly。

目 录

序

译者前言

前言

致谢

第一章 引言	(1)
关注安全的世纪	(2)
十年黄金期	(4)
安全理念的转变	(8)
文献分类	(14)
本书的概述	(15)
第二章 运输民法学派	(21)
活跃精神的伤害	(21)
安全狂热者的思想	(22)
工程设计与试验的作用	(24)
总统的笔	(24)
发现新的安全问题	(26)
现代运输安全的提倡者	(27)
汽车与卡车安全	(27)
航空运输	(33)
小结	(44)
第三章 可靠性工程学派	(50)
硬件的可靠性	(50)

可靠性的历史	(53)
掌控风险	(54)
安全工程技术	(59)
概率风险评估	(61)
冗余与安全	(64)
高可靠性理论	(66)
正常事故理论	(66)
航空安全与效率	(67)
航空安全风险沟通	(71)
安全数据与信息	(77)
设计导致的差错	(81)
小结	(85)
第四章 系统安全工程学派	(92)
可靠性与安全	(92)
什么是系统安全	(93)
系统安全目标	(95)
系统安全方案	(95)
人员、组织和环境因素	(96)
安全工程技术	(100)
“安全”的语言与教学	(104)
教育项目	(106)
典型的航空安全风险过程	(107)
FAA 的系统安全过程	(108)
小结	(110)
第五章 总结	(114)
跨学科专业所面临的挑战	(115)
参考文献	(121)

第一章 引言

本书将就有关航空运输安全方面的主要著作进行详细的研究和归类，甄选有关运输安全方面的杂志，并为理论界关心的问题提供真实而恰当的例证。本书主要是为航空运输安全的从业者接受继续教育和航空院校的学生学习而设计的，它概述了美国“安全管理”的历史、理论和实践。由于一般的培训课程都有时间的局限性，因此许多航空安全学员希望有一本能提供关于安全管理的发展方向和概述的简明参考资料，而不是无奈地翻遍整个书架^[1]。《安全思想综述：航空运输安全的文献指南》（*Patterns in Safety Thinking: A Literature Guide to Air Transportation Safety*）满足了这些要求。本书中所回顾评论的许多书籍和报告都是 260 页到 600 多页。鉴于本书是一本概览，因此详尽地综合各学术期刊中的文献既不实际也没有必要。那样，本书的一部分内容就很容易超过 1500 页，这背离了本书的初衷，而且其中讨论的风险管理内容并不是全部与航空安全密切相关。安全方面的文献来自许多学科，包括行为科学与自然科学，这种多学科的融合不断丰富着安全的科学发展和我们的“安全管理”思想。本书还可作为对工程类大学生的学习参考书，对鼓励各学科相交叉思考“安全”提供指导。本书对公众政策中关于对航空旅客进行进一步的安全教育，增进航空安全风险沟通的目标也可起一定作用。运输对美国经济有着举足轻重的影响。根据 1995 年的一次评估，与运输相关的货物和服务占美国 GDP 的 11%^[2]。

安全管理文献是由多个学科综合发展而来的，包括行为科学、工程与数学科学/定量方法。这些学科已经清楚地定义了安全学科中的各个“方向”或“学派”，从而，作者可以对重要文献文章进行分类。而对与教学相关的安全书籍进行此种分类还从未有人做过^[3]。这种状况的原因可以通过研究相关的安全书籍得到很好的答案。可以肯定的是，不管这样做是否行

得通，但显然这最多是一种冒险，因为似乎没有一种最好的方式来综述这些文献。许多人脑中已形成固有的安全文化，因此，本书引用的观点就不一定能够得到所有人的同意。但是，编写本书的目的在于教学并提供主要学术性安全文献历史沿革的简明参考资料，这些文献与美国运输安全管理的理论和实践相关。

“安全”作为一个学科，它是由多个有分歧的、相互冲突的学科发展而来，这些学科源于各种意见相左的思想和做法。由于“安全”这种多学科综合的特征，本书借鉴了各种知识观点或“思想学派”：“民事法律学派”、“可靠性工程学派”和“系统安全工程学派”。本书还借鉴了与以下几方面相关的外部文献，包括职业安全法规、保险、风险管理、产品可靠性、环境法与安全、保安。然而，考虑到本书的初衷和篇幅，上述内容仅是提及它们与航空运输安全相关的方面。似乎对这门“应用学科”的历史起源与发展进行简要总结会有助于学生和从业者理解它的哲学背景、易混淆的观点，以及术语的使用。那些正热衷于系统安全工程，并正在考虑它如何从“可靠性工程”演变而来的航空安全从业者会发现此书的用途所在。

关注安全的世纪

本书涵盖了美国一个世纪以来关于运输安全的社会思想、活动和热点。我们的研究始于 Lorenzo Coffin 的工作，他是 19 世纪铁路安全的倡导者和 1893 年《铁路安全生产法》（*Railroad Safety Appliance Act*）的先驱。早在 1874 年，他就提倡将安全技术与政府政策控制这两大手段进行结合。第二章还介绍了 Ralph Nader 的工作，他是 20 世纪汽车、高速路、航空安全，以及运输安全和政府规章的“运输民法学派”的著名的斗士。第三章我们开始讨论二战后涌现出的“可靠性工程”学说。我们也借鉴了概率风险评估和人员可靠性评估的理论，人员可靠性评估强调人的行为可以通过机械予以模拟、分析和理解。安全的这种明显的向内再生的本质促进了 1962 年“系统安全工程学派”的诞生，这部分内容我们将在第四章予以讨论。“系统安全工程学派”关注的是我们安全地设计集成软件的电子机械系统的能力和复杂的社会技术系统的总体安全，其中的电子机械系统正是现代航空和航天运输时代的特征。

我们对“可靠性工程学派”的文献分类开始于1968年布鲁克里工业学院的 Martin Shooman 的划时代著作《或然可靠性：一种工程方法》（*Probabilistic Reliability: An Engineering Approach*）。此书旨在向各院校介绍新涌现出的可靠性工程领域的知识。然而，需要强调的是，“可靠性”最早可追溯到1911年 Frederick W. Taylor 的著作《科学管理的原则》（*The Principles of Scientific Management*）。Frederick W. Taylor 通常被称为“科学管理之父”。Taylor 所关注的重点是效率和完成常规工作的最好的、最低成本的方式。美国早期的工业流水线生产方式也可追溯到可靠性。二战结束时，Shooman 发现可靠的设备和可靠性分析的需求变得日益明显。二战中所使用的军事设备的维护、修理和局部失效问题非常严重。在19世纪40年代末到50年代初，可靠性工程成为最新的工程领域。这一新兴领域的形成主要是由于现代技术的复杂性、混合性和自动化。由于设备制造商将先进技术应用于电子和控制系统，通信和运输领域首先目睹了系统复杂性的迅速增加。可靠性领域逐渐受到关注，并且当人们认同通过“成功的可能性”可准确计算出可靠性时，就开始得以不断发展。这样就使得现代可能性理论这一强大技术成为可靠性领域的后盾^[4]。关于可能性理论这一复杂话题的讨论超出了本书的范围。但是，Shooman 的早期著作确实包括对所使用的分析工具和其精彩的参考资料的解释。

这种对安全的新的认知模式的一个结果是进一步螺旋式发展成“可靠性工程学派”中的概率风险评估这一新的分支。到1975年，在不断的螺旋式发展过程中，对硬件故障和差错的可能性理解的追求使得核工业和其他高风险行业开始应用概率风险评估（由商业航空业倡导的）。那时，关注的焦点自然地转到注意人的可靠性分析上面。对可靠性工程学派，可以说随着重点从机械可靠性到预测人的可靠性的完美方法和技术的转变似乎已走到尽头。

Roland 和 Moriarty^[5]认为，随着航空航天时代的出现，系统安全这门现代学科在1962年开始得以发展。安全标准、规范、要求和操作说明推动了以事故预防为目的的系统安全方法的成长和发展。系统安全理念提倡在系统的构思阶段就进行安全分析和危险控制，并一直贯穿到设计、生产、测试、使用和报废阶段，直到活动结束。

十年黄金期

1965 到 1975 年可以真正堪称为提倡安全的十年黄金期。在这期间，人们大力提倡“安全”，尤其是提出了更为广泛的运输安全方面的法律和理论框架。毋庸置疑，Ralph Nader 是公共安全倡导运动的领导者，他在 1965 年出版了《任何速度都不安全》（*Unsafe At Any Speed*）一书，使得全国人民的注意力集中到了汽车的安全缺陷、规章形同虚设，以及国家高速公路运输事故日益增加的潜在趋势^[6]。他于 1972 年出版了《任何速度都不安全》的最新版。Nader 认为：40 年来的汽车死亡事故增长、责任追究的缺失、公众无法获得信息，以及没有要求汽车安全、无污染方面的规章，都意味着到了“将整个行业引向正轨”的时候了。

在这十年黄金期中，航空运输安全也开始受到关注。然而，需要强调的是，航空安全的关注可以追溯到 1926 年的《航空商务法》（*Air Commerce Act*），该法案开创了联邦政府在制定规章方面的角色。19 世纪 30 年代开始提倡在制定促进民用航空的标准方面加强政企合作。例如，1935 年，政企合作有了里程碑式的发展：设立了航空无线电技术委员会（RTCA），它作为一种合作论坛，使得政府和航空业代表可以就机载“黑匣子”设备的性能标准达成一致；出台了设备的“最低使用性能标准”，制造商们这样就可以制造出保证满足规章标准的产品。1956 年 6 月 30 日，在美国大峡谷发生的空中失事是第一起商业航空灾难，造成 100 多人丧生。它暴露出了空中交通管制系统中的安全隐患，并最终促成了 1958 年的《联邦航空管理局（FAA）法案》（*Federal Aviation Administration FAA Act*）的诞生。

1967 年，Vernon W. Lowell 机长出版了《航空公司的安全是一种神话》（*Airline Safety Is A Myth*）一书，Vernon W. Lowell 有 28 年的飞行经历，目前在环球航空公司做主任飞行员已超过 22 年。Lowell 机长与航空公司飞行员协会合作为广大读者提供了众多真实案例，并在呼吁航空公司、航空器制造商、联邦机构应该在采取预防措施方面负起责任起了很好的作用。Lowell 机长在书中探讨的其中一个案例是关于波音 727 的，6 个月内的 4 起致命事故都与波音 727 有关。此书中阐述了当时负责事故调查的民用航空委员会错误地将那些事故的责任归咎为“飞行员差错”，尽管大家都知道此类型的航